

УДК 622.235.535.2:621.643.02

Жариков Сергей Николаевич

кандидат технических наук,
заведующий лабораторией,
Институт горного дела УрО РАН,
620075 г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: 333vista@mail.ru

Меньшиков Павел Владимирович

младший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: menshikovpv@mail.ru

Кутуев Вячеслав Александрович

научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: slavik1988@mail.ru

Таранжин Семён Сергеевич

младший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: semen-vip@yandex.ru

**НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА
ОСОБО ОТВЕТСТВЕННЫХ ВИДОВ
ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ ОПЫТА
ЛАБОРАТОРИИ РАЗРУШЕНИЯ
ГОРНЫХ ПОРОД****Аннотация:*

Представлен краткий обзор результатов исследования производства взрывных работ в стесненных условиях и обеспечения сейсмической безопасности охраняемых объектов. Представлены методические приемы, разработанные в ИГД УрО РАН для расчета допустимых расстояний от технологического взрыва до охраняемого объекта в зависимости от массы ВВ в ступени замедления, коэффициента грунтовых условий и допустимой скорости сейсмических колебаний. Описана последовательность проведения и регулирования буровзрывных работ в приконтурной зоне, то есть изучение воздействия взрыва на массив горных пород, установление закономерностей волновых процессов, определение взаимодействия зарядов контурной ленты в зависимости от прочностных характеристик массива горных пород, проведение опытно-промышленных испытаний предварительного целеобразования, определение поэтапного подхода технологических взрывов к охраняемой территории. Приведены сведения по разработке и испытанию предохранительных укрытий для минимизации разлета осколков при ведении взрывных работ, а также материалы по иницированию разрушения в полигонных условиях труб большого диаметра.

Ключевые слова: сейсмическое действие взрыва, сейсмоустойчивость, взрывные работы, заоткоска, разрушение горных пород, физико-механические свойства горных пород, газопровод высокого давления, безопасные расстояния

DOI: 10.25635/2313-1586.2020.01.066

Zharikov Sergey N.

Candidate of Technical Sciences,
Head of Laboratory,
Institute of Mining, Ural Branch of the RAS,
620075 Ekaterinburg, 58 Mamina-Sibiryaka Str.
e-mail: 333vista@mail.ru

Menshikov Pavel V.

Junior Researcher,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS
e-mail: menshikovpv@mail.ru

Kutuev Vyacheslav A.

Researcher, Institute of Mining,
Ural Branch of RAS
e-mail: slavik1988@mail.ru;

Taranzhin Semyon S.

Junior Researcher, Institute of Mining,
Ural Branch of RAS
e-mail: semen-vip@ya.ru;

**SCIENTIFIC SUPPORTING OF PRODUCTION
CRITICAL TYPES OF BLASTING WORCS
BASED ON EXPERIENCE
OF THE LABORATORY OF DESTRUCTION
OF ROCKS***Abstract:*

The article presents a brief overview of the research results in the field of blasting operations in confined spaces and ensuring seismic safety of protected objects. The methodological techniques developed in the Institute of Mining, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, for the calculation of permissible distances from a technological explosion to the protected object depend on the weight of explosive in a stage of deceleration, the ratio of soil conditions and permissible speed of seismic vibrations.

The sequence of carrying out and regulation of drilling and blasting operations in the near-circuit zone is described, that is, the study of the impact of the explosion on the rock mass, the establishment of regularities of wave processes, the determination of the interaction of charges of the contour tape depending on the strength characteristics of the rock mass, conducting pilot tests of presplit formation, the definition of a step-by-step approach of technological explosions to the protected area.

The information is given on the development and testing of safety shelters to minimize the spread of fragments while blasting, as well as materials for initiating destruction in the field conditions of large diameter pipes.

Keywords: seismic effect of the explosion, seismic stability, blasting works, bank slope work, destruction of rocks, physical and mechanical properties of rocks, high pressure gas pipeline, safe distance.

* Исследования выполнены в рамках Госзадания № 075-00581-19-00, тема № 0405-2019-0005, а также при дополнительном привлечении хоздоговорных средств

Введение

Взрывные работы изначально являются самым опасным производственным процессом, поэтому к ним предъявляются повышенные требования в виде федеральных норм и правил. При этом достаточно часто возникают ситуации, когда порядок проведения, например, специальных взрывных работ не определен в нормативных документах. В этих случаях к разработке требований производства БВР привлекаются высококвалифицированные специалисты профильных НИИ и проектных организаций. То же самое относится и к заоткоске, когда необходимо определить шадящий режим производства взрывов в приконтурной зоне.

Для повышения безопасности взрывных работ можно выделить три основных критерия, которые существенно ограничивают те или иные решения. Это сейсмика, разлет отдельностей и степень возможного повреждения защищаемого объекта. Сейсмика влияет на межблочные передвижки и существенно влияет как на устойчивое состояние грунтов и откосов, так и на здания и сооружения, испытывающие в своем основании гармонические колебания. Не всегда сейсмическое влияние на устойчивость объекта заметно сразу, но оно всегда приводит к разрушению целостности блочной структуры массива. В настоящее время в ИГД УрО РАН накоплен значительный опыт учета и прогнозирования негативных сейсмических проявлений от взрыва как в ближней зоне, так и за пределами опасной зоны по разлету осколков. Характерными являются примеры обоснования массы взрывчатых веществ в ступени замедления для различных участков горного массива, которые представлены ниже.

Исследование допустимой динамической нагрузки на площадку прокладки газопровода высокого давления в связи с производством взрывных работ при открытой разработке месторождения

Проблематика исследования заключается в том, что газопровод высокого давления (от 0,3 до 0,6 МПа) II категории размещен вблизи горного отвода ОАО «Сухоложскцемент». Требуется обеспечить сейсмическую безопасность эксплуатации газопровода и определить допустимые расстояния подхода взрывных и горных работ в целом, а также допустимую сейсмоустойчивость площадки размещения.

Работа направлена на повышение уровня безопасной эксплуатации газопровода и установление ограничений по воздействию горных работ в направлении места прокладки газопровода.

В рамках исследования необходимо было решить две поставленные задачи:

- определить допустимые скорости сейсмических колебаний и перемещений грунта в зоне прокладки газопровода высокого давления II категории Ø 225 мм, при которых сохраняется безопасная эксплуатация;
- определить безопасное расстояние от газопровода (зону, величину откоса), в которой запрещена сейсмическая активность выше 6 и 7 баллов ввиду геологических особенностей.

Исходные данные и расчетные значения сейсмоустойчивости грунтов представлены в табл. 1.

На основании исходных данных выполнен расчет и произведено сравнение допустимой скорости колебаний, которая для сейсмической активности района в 6 – 7 баллов составляет $\dot{u}_d = 0,06$ м/с, согласно [1], с расчетной. Расчетные допустимые скорости по условию сейсмоустойчивости (отмечено в табл. 1 серым цветом, с полужирным очертанием текста) превышают указанное значение в большинстве случаев, что свидетельствует о значительном запасе сейсмоустойчивости суглинка и скального грунта. Насыпной же грунт может потерять сейсмоустойчивость при колебаниях

0,03 м/с. Учитывая схему прокладки газопровода в указанных грунтах, для дальнейших расчетов опасной массы ВВ в ступени замедления, провоцирующей сейсмическую активность выше 7 баллов, у газопровода значение допустимой скорости было принято $\vartheta_d = 0,06$ м/с.

Таблица 1

Исходные данные и расчетные значения сейсмоустойчивости грунтов

Порода	Плотность, т/м ³	Прочность на сжатие в образце, МПа		Прочность на растяжение в образце, МПа		Коэффициент Пуассона	Модуль упругости, ГПа	Скорость продольных волн в грунте, м/с	Скорость поперечных волн в грунте, м/с	Принятый коэффициент структурного ослабления	Прочность на сжатие в массиве, МПа		Прочность на растяжение в массиве, МПа		Принятая допустимая величина напряжений, МПа	Допустимая скорость сейсмических колебаний грунта, м/с
		0,18	0,02	0,02	0,02						0,18	0,02				
Насыпной грунт (щебень с примесями)	1,72	0,18	0,02	0,25	0,001	1300	751	1,00	0,18	0,02	0,03	0,03				
	1,86	0,22	0,03	0,25	0,001	1350	779	1,00	0,22	0,03	0,03	0,04				
	2,00	0,25	0,03	0,25	0,001	1400	808	1,00	0,25	0,03	0,04	0,04				
Суглинок континентальный твердый (сильнопучинистый)	1,82	1,50	0,15	0,35	0,025	1700	817	0,80	1,20	0,12	0,16	0,13				
	1,89	2,00	0,20	0,35	0,025	1930	927	0,80	1,60	0,16	0,21	0,15				
	1,96	2,50	0,25	0,35	0,025	2160	1038	0,80	2,00	0,20	0,26	0,16				
Суглинок делювиальный твердый	1,72	1,00	0,10	0,33	0,017	1500	756	0,70	0,70	0,07	0,09	0,09				
	1,81	1,50	0,15	0,33	0,017	1700	856	0,70	1,05	0,11	0,14	0,12				
	1,89	2,00	0,20	0,33	0,017	1900	957	0,70	1,40	0,14	0,18	0,13				
Супесь алювиальная твердая (ненабухающий грунт)	1,84	2,50	0,31	0,29	0,028	1450	789	0,50	1,25	0,16	0,20	0,20				
	1,92	2,65	0,33	0,29	0,028	1575	857	0,50	1,33	0,17	0,22	0,19				
	2,00	2,80	0,35	0,29	0,028	1700	925	0,50	1,40	0,18	0,23	0,17				
Скальный грунт прочный (известняк)	2,42	64,30	6,43	0,26	34,00	3430	1953	0,10	6,43	0,64	0,84	0,26				
	2,56	79,95	8,00	0,26	38,00	4590	2614	0,10	8,00	0,80	1,04	0,23				
	2,70	95,60	9,56	0,26	42,00	5750	3275	0,10	9,56	0,96	1,24	0,21				

Кратчайшее расстояние от карьера до газопровода характеризуется следующими точками. На границе карьера ОАО «Сухоложскцемент» выбраны точки (1-К и 2-К), на охраняемом объекте (1-Г и 2-Г) (рис. 1).

Согласно выбранным точкам и допустимой скорости колебаний грунта $\vartheta_d = 0,06$ м/с при коэффициентах грунтовых условий – 300 (скальные, полускальные грунты); 450 (песчаноглинистые); 600 (рыхлые, обводненные и насыпные грунты) – произведены расчеты, результаты которых представлены в табл. 2.

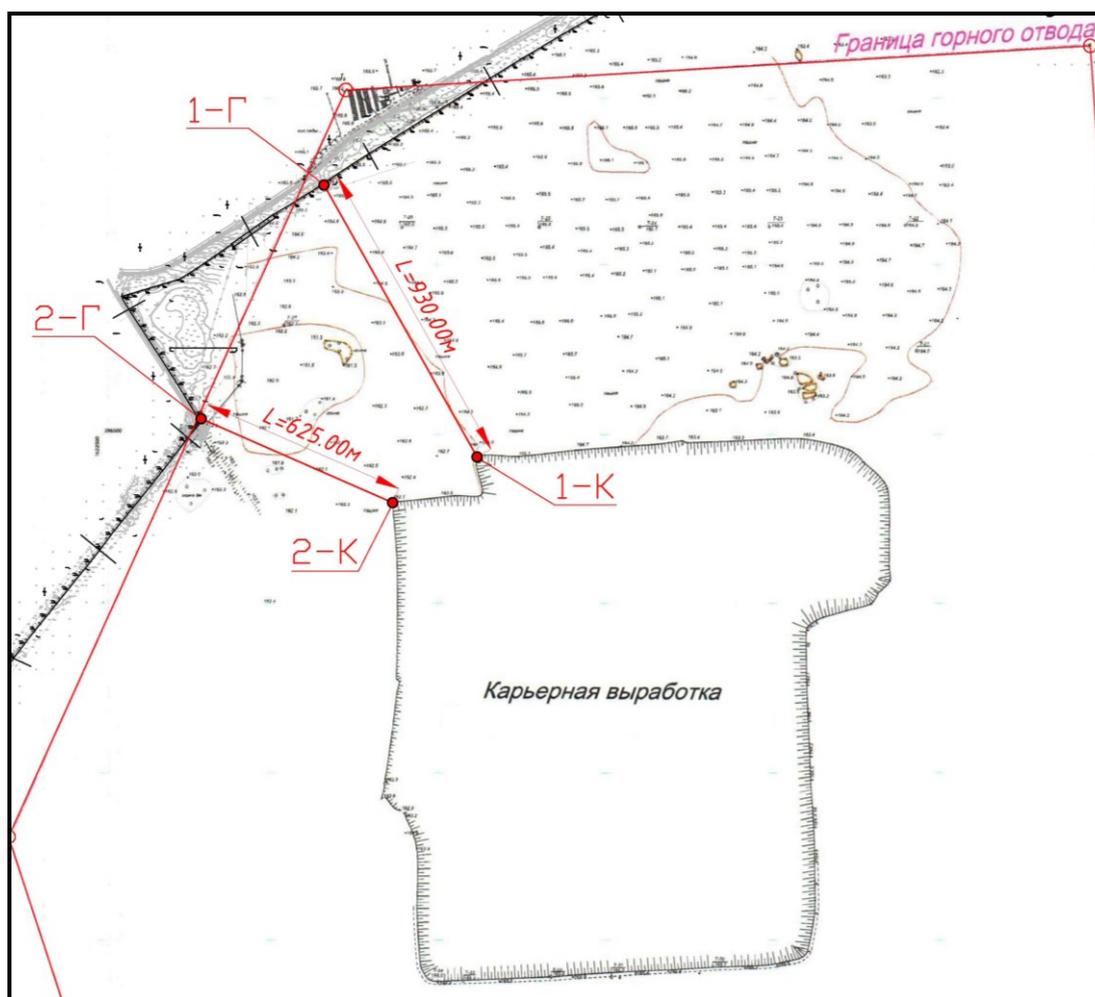


Рис. 1 – Точки (1-К и 2-К) на границе карьера ОАО «Сухоложскцемент», а также точки (1-Г и 2-Г) на охраняемом объекте (газопровод высокого давления)

Согласно выбранным точкам и допустимой скорости колебаний грунта $\vartheta_d = 0,06$ м/с при коэффициентах грунтовых условий – 300 (скальные, полускальные грунты); 450 (песчаноглинистые); 600 (рыхлые, обводненные и насыпные грунты) – произведены расчеты, результаты которых представлены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные значения опасной массы ВВ на ступень замедления

Объект	Номер точки		Кратчайшее расстояние от границы карьера до охраняемого объекта L , м	Допустимая скорость колебаний незастроенного грунта ϑ_d , м/с	Средний коэффициент грунтовых условий K	Опасная масса ВВ на ступень замедления для откосных и грунтовых сооружений Q , кг
	объекта	карьера				
Газопровод высокого давления II категории \varnothing 225 мм	1 – Г	1 – К	930	0,06	300	321742,80
					450	142996,80
					600	80435,70
	2 – Г	2 – К	625		300	97656,25
					450	43402,78
					600	24414,06

Для определения допустимых расстояний до охраняемого объекта использовалось выражение следующего вида:

$$R(L_0) = \sqrt[3]{\frac{QK^2}{g^2}}, \text{ м.} \quad (1)$$

По полученной формуле был произведен многовариантный расчет допустимых расстояний от взрыва до охраняемого объекта для 5-ти инженерно-геологических элементов в зависимости от массы ВВ в ступени, коэффициента грунтовых условий и допустимой скорости сейсмических колебаний. В зависимости от глубины взрыва в карьере и соответствующих геологических данных путем изменения массы в ступени замедления возможно полностью исключить негативное влияние взрыва на район укладки газопровода.

Для определения безопасных расстояний до газопровода высокого давления в зависимости от угла борта карьера ОАО «Сухоложскцемент» и глубины проведения взрывных работ в карьере было предложено следующее выражение:

$$L_{H(x)} = L_0 + \sqrt{(H_{\text{взр}(x)} / \sin(\alpha))^2 - H_{\text{взр}(x)}^2}, \text{ м,} \quad (2)$$

где $L_{H(x)}$ – безопасное расстояние до охраняемого объекта при глубине $H_{\text{взр}(x)}$; L_0 – допустимое расстояние от границы карьера до газопровода высокого давления; $H_{\text{взр}(x)}$ – глубина проведения взрывных работ в карьере; α – угол борта карьера.

Для наглядности на рис. 2 представлена схема по определению безопасных расстояний до газопровода высокого давления.

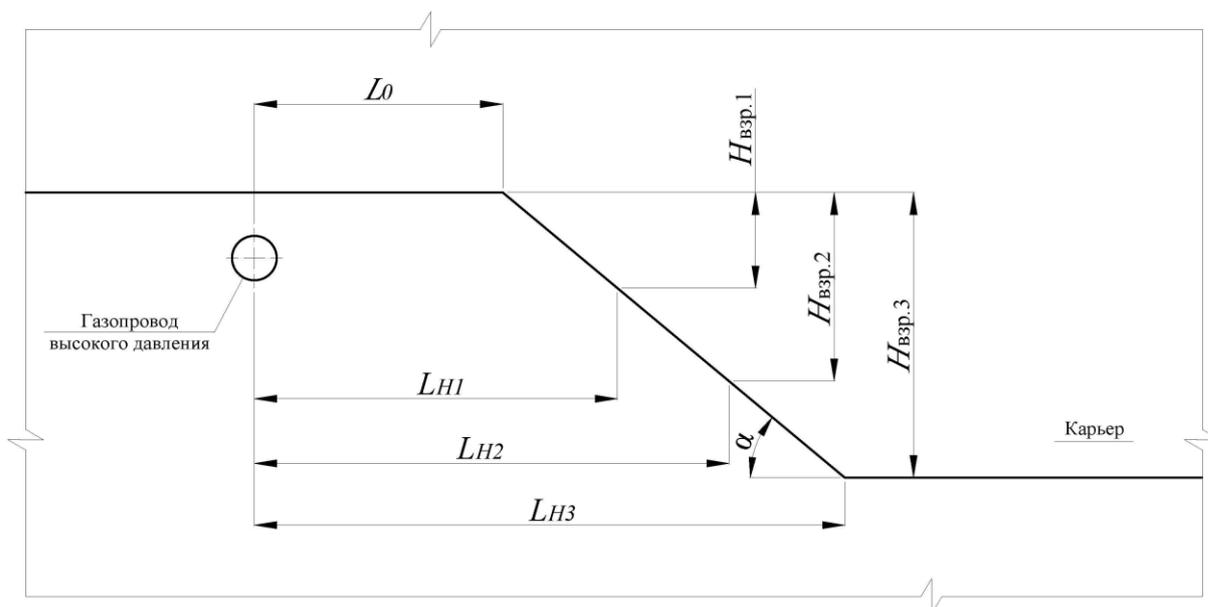


Рис. 2 – Схема по определению безопасных расстояний от места проведения взрывных работ в карьере до охраняемого объекта (газопровод)

В приведенном примере сейсмика учитывалась для дальней зоны. Другим образом обстоит дело, когда решаются задачи в ближней зоне, при заоткосных работах.

О принципах заоткоски при открытой разработке месторождений

Оценка устойчивого состояния откосного сооружения при определенном угле погружения основывается на измерениях сдвига массива в том или ином направлении в рамках достаточно продолжительных периодов наблюдений [2 – 5], при этом короткопе-

риодные деформации, приводящие к локальным межблочным подвижкам при обосновании устойчивых углов, не учитываются. В этой связи недостаточно щадящее ведение буровзрывных работ (БВР) вблизи откосных сооружений может вызвать нарушение их устойчивости и привести к катастрофическим оползневым явлениям.

В последнее время горные предприятия проявляют особый интерес к заоткосным работам при подходе буровзрывных работ к предельному контуру карьера. Во-первых, очевидным является тот факт, что увеличение затрат на БВР в приконтурной зоне при повышении качества исполнения и соответствующего контроля ведет к повышению безопасности горных работ, сохранению устойчивого состояния откосов, а следовательно, к повышению экономической эффективности разработки месторождения в целом. Например, ликвидация оползня связана с частичной остановкой добычных работ, а в некоторых условиях с их полной остановкой и соответствующим ущербом, иногда с человеческими жертвами. Получается, что повышение безопасности на опасном производственном объекте – это не просто статья затрат, а весомый вклад в развитие предприятия, который существенно определяет экономическую эффективность добычи будущих периодов.

В настоящее время есть две противоположные точки зрения на вопрос регламентирования БВР при постановке уступов в предельное положение. Для обеих сторон найдутся достаточно серьезные аргументы, однако не будем в рамках данной статьи вдаваться в излишние подробности. Вместо этого целесообразно сосредоточить внимание на том, что фактически происходит на горных предприятиях. В бизнесе все решается молниеносно. При наличии возможности в виде снижения затрат за счет уменьшения объема разности собственник поспешит ею непременно воспользоваться. А при условии успешной реализации подобных решений у других участников рынка собственное внедрение можно проводить ускоренными темпами, не принимая во внимание горно-геологические, технические условия разработки и уровень квалификации персонала. Результатом быстрого изменения параметров разработки без организационного и культурного изменения работы в производственных цехах станут катастрофические оползневые явления, возникающие внезапно и, как правило, неожиданно даже для маркшейдерской службы. Экономическая выгода в данном случае начинает весьма существенно зависеть от того, упадет борт или нет. Кто-то посчитает, что упадет, а кто-то – что не упадет, но когда речь идет о безопасности и жизнях горняков, то всегда необходимо учитывать неблагоприятный исход. Инженер не должен надеяться на то, что не упадет, а должен делать так, чтобы гибель людей, когда борт упадет, была невозможной. С этой точки зрения регламентирование заоткосных работ представляется верным путем повышения безопасности горных работ. В мировой практике эта тема отражена в [5], подробная рецензия на этот труд опубликована в [6].

В [5] большой упор сделан непосредственно на геомеханику, что в принципе правильно. Однако проведение геомеханических наблюдений, прогнозных расчетов и их анализ (что часто быстро реализуется на многих предприятиях) в большинстве случаев не выявит развития геодинамических движений вследствие воздействия на горный массив короткопериодных импульсных нагрузок, вызванных взрывными работами, пока заколообразование не станет явным. В этой связи само решение геомеханических задач при проектировании бортов должно быть тесно связано с буровзрывными работами не только при формировании контура откоса, но и при подходе технологических взрывов к этому контуру. Учитывая, что в указанных областях знаний разные методические приемы, а деформационные процессы рассматриваются в различных периодах, организационное совмещение геомехаников и взрывников в рамках регламентирования заоткосных работ – достаточно сложная задача, которая в принципе не может быть решена в результате их параллельной работы. Такие работы могут быть организованы лишь последовательно. Вначале производится геомеханическая оценка состояния массива с определением устойчивых углов, после этого исследование динамики взрывов, а затем разработка

где P_R – давление в горном массиве от взрыва цилиндрического заряда на расстоянии, МПа; P – давление на стенку скважины, МПа; $r_{скв}$ – радиус скважины, м; R – расстояния от взрыва заряда, м.

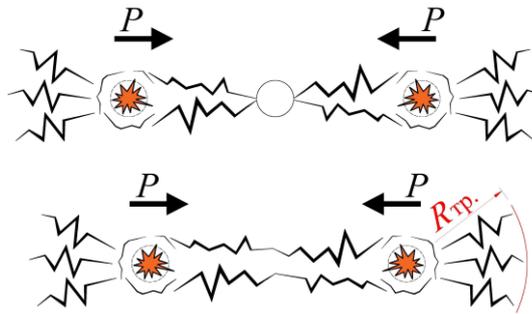


Рис. 4 – Сравнительный анализ давления при определении рациональных параметров контурного взрывания: P – давление на стенку скважины, МПа; $R_{тр}$ – радиус трещинообразования, м

Порода	Прочность на растяжение в массиве, МПа	Динамический предел прочности, МПа	Радиус трещинообразования, м			
			Аммонит 6 ЖВ			
			$D_{скв}/d_{зар}$			
			215/60	246/60	215/90	246/90
Катаклазиты углеродистые	0,36	0,47	2,3	2,2	4,0	3,8
Углеродистые карбонат кварцевые породы	0,56	0,73	1,7	1,7	3,0	2,8
Углеродистые метаалевролиты	0,42	0,54	2,1	2,0	3,6	3,5
Метасоматиты	0,53	0,69	1,8	1,7	3,1	3,0
Метасоматиты интенсивно нарушенные	0,24	0,31	3,1	2,9	5,3	5,0
	Расстояние от заряда, м		215/60	246/60	215/90	246/90
Давление от взрыва контурного заряда на расстоянии, МПа	1		1,66	1,56	3,75	3,50
	2		0,59	0,55	1,32	1,24
	3		0,32	0,30	0,72	0,67
	4		0,21	0,19	0,47	0,44
	5		0,15	0,14	0,33	0,31
	6		0,11	0,11	0,25	0,24
	7		0,09	0,08	0,20	0,19
	8		0,07	0,07	0,17	0,15

Рис. 5 – Фрагмент схемы определения расстояний между скважинами контурного ряда по таблице значений, полученной по выражениям (3) – (6)

По результатам исследований сейсмоустойчивости горных пород разрабатывается специальная технология производства БВР на предельном контуре карьера. Завершением первого этапа является разработка программы опытно-промышленных испытаний способов ведения буровзрывных работ на предельном контуре карьера.

На втором этапе разработанная программа реализуется, и в соответствии с полученными результатами отбираются наиболее подходящие решения.

Основным преимуществом данной разработки является то, что ее применение особенно эффективно при увеличении интенсивности горных работ. При этом повышается промышленная безопасность за счет регламентирования производства работ на предельных контурах карьера. Область применения – карьеры с циклической технологией добычи, разрабатывающие крутопадающие месторождения полезных ископаемых.

В отношении контролирования разлета осколков вблизи охраняемых объектов следует указать на опыт взрывания в Карагайском карьере [25].

Безопасная технология ведения взрывных работ на карьере в стесненных условиях с применением предохранительных укрытий из шин автосамосвалов с сеткой «Рабица»

При отработке северо-западного участка Карагайского карьера фронт горных работ подходит вплотную к жилым домам г. Сатка, и в дальнейшем планируется вести взрывные работы на расстоянии менее 200 м до охраняемых объектов.

Наиболее эффективным способом, исключающим разлет кусков горных пород и частично воздействие ударной воздушной волны, является применение предохранительных укрытий-локализаторов. Целью работы являлась разработка специального мобильного укрытия-локализатора, предотвращающего разлет кусков горных пород и предназначенного для укрытия блоков, подготавливаемых к взрывному разрушению при ведении взрывных работ на северо-западном участке Карагайского карьера в непосредственной близости от зданий и сооружений.

Для укрытий выбраны шины сочлененных автосамосвалов Volvo (Ø внутренний – 635 мм, Ø наружный – 1860 мм, масса – 575 кг) и автосамосвалов БелАЗ грузоподъемностью 30 т (Ø внутренний – 635 мм, Ø наружный – 1638 мм, масса – 352 кг). В качестве быстроразъемных соединений был выбран новый способ скрепления шин с помощью одноветьевых канатных и цепных строп. Для создания системы скрепленных автопокрышек на каждой шине предложено использовать по 4 канатных или цепных троса (при первом варианте) или 4 рым-болта (при втором варианте).

При первом варианте для крепления канатных или цепных строп к автопокрышкам были предложены стальные тросы (чалки) или цепи, продетые через центральные отверстия шин и соединенные через специальные звенья или П-образные соединительные элементы со шплинтуемыми или ввинчиваемыми на резьбе стопорами. При втором варианте для крепления канатных или цепных строп к автопокрышкам предложены удлиненные рым-болты ГОСТ 4751-73 (проушины на болтах), радиально расположенные в протекторе шины, где на одном уровне просверливаются перфоратором четыре отверстия большими спиральными или трубчатыми сверлами из углеродистой стали или прожигаются раскаленным стержнем Ø 25 мм.

Схемы соединения канатных или цепных строп с автопокрышками со стальными тросами или цепями представлена на рис. 6, а с использованием рым-болтов – на рис. 7.

Схемы расположения укрытия из автомобильных шин Ø 1860 мм и Ø 1638 мм на взрываеом блоке при диаметре скважин Ø 250 мм с основной сеткой скважин 3,5×3,5 м представлены на рис. 8 и 9.

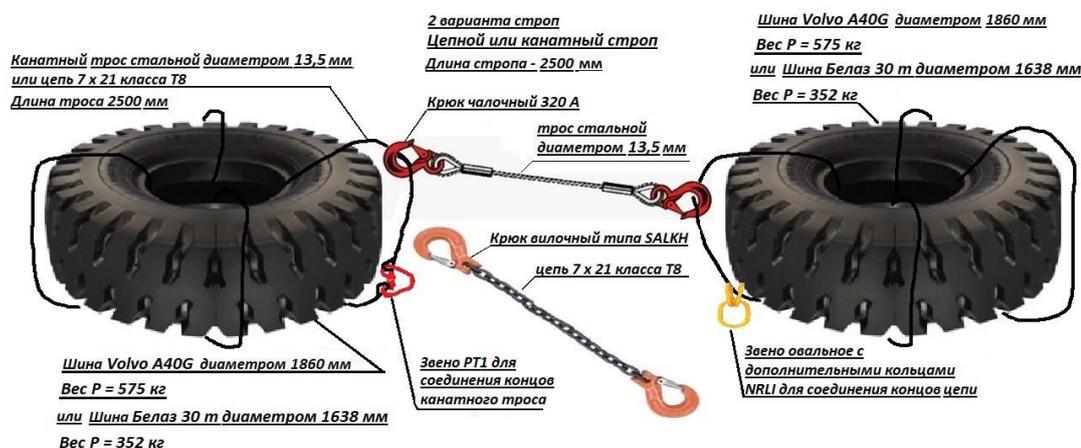


Рис. 6 – Схема соединения канатных или цепных строп с шинами VolvoA40G или БелАЗ грузоподъемностью 30 т при использовании стальных канатных тросов (чалок) или цепей на шинах (вариант 1)

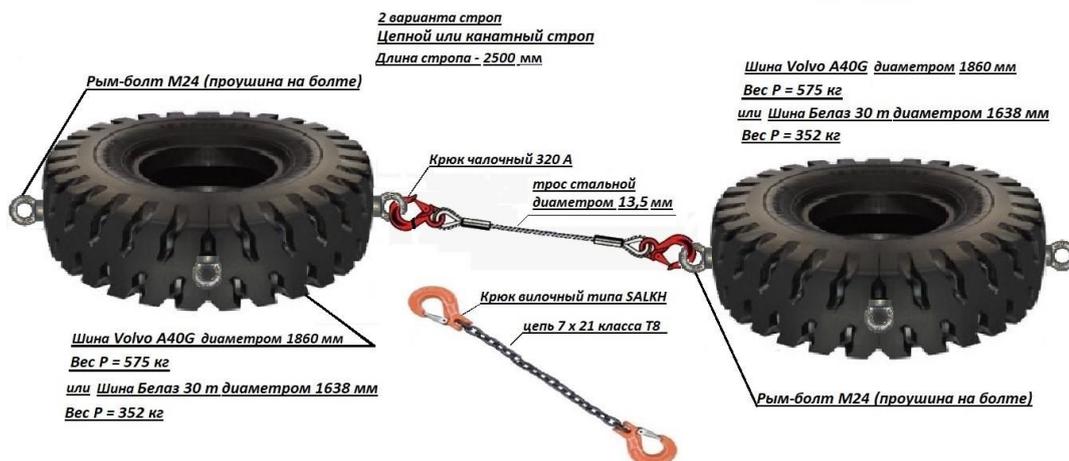


Рис. 7 – Схема соединения канатных или цепных строп с шинами VolvoA40G или БелАЗ грузоподъемностью 30 т при использовании рым-болтов на протекторе шин (вариант 2)

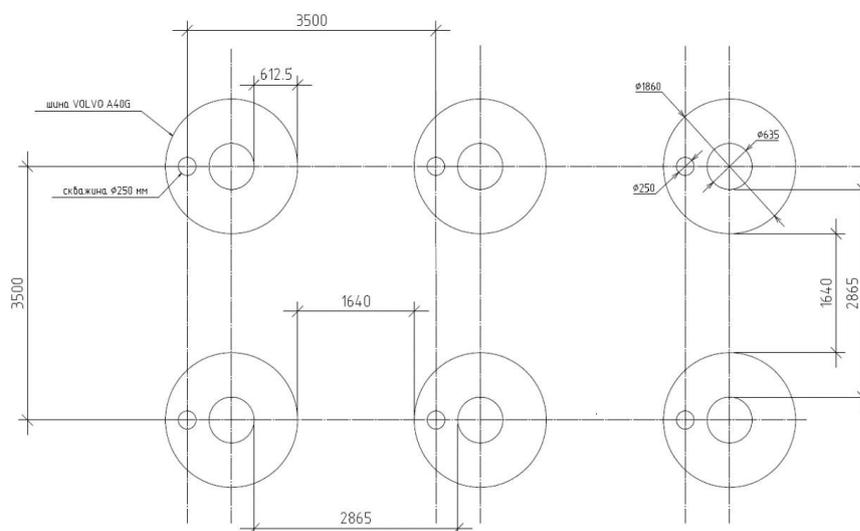


Рис. 8 – Схема расположения укрытия из автомобильных шин с наружным диаметром $\phi 1860$ мм на взрываемом блоке с сеткой скважин $3,5 \times 3,5$ м при диаметре скважин $\phi 250$ мм

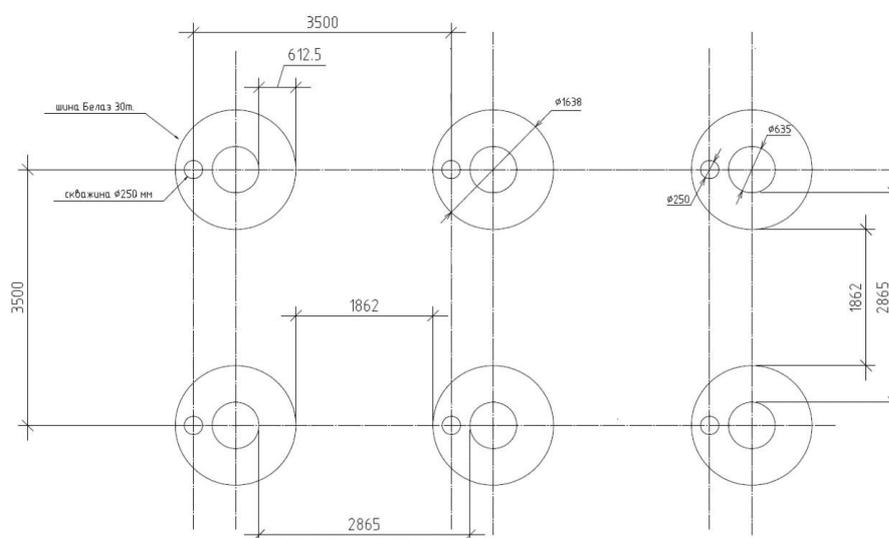


Рис. 9 – Схема расположения укрытия из автомобильных шин с наружным диаметром $\phi 1638$ мм на взрываемом блоке с сеткой скважин $3,5 \times 3,5$ м при диаметре скважин $\phi 250$ мм

Длина строп 2,4 м была взята с некоторым запасом для сетки скважин 4,0×4,0 м. В специальном проекте проведен расчет элементов конструкции укрытия на 20 скважин. Величина зарядов в скважинах определялась в соответствии с сейсмическими критериями.

В 2018 г. были проведены испытания укрытий из шин автосамосвалов. Краткая характеристика предохранительного укрытия: длина по низу – 18 м, ширина по низу – 14 м, максимальная высота (толщина) – 0,75 м, масса шин – 575 кг, общая масса – 12,8 т, цепные чалки на шинах, цепные стропы. Фото укрытия из шин при испытании представлены на рис. 10.



Рис. 10 – Испытание укрытия из шин автосамосвалов при проведении взрывных работ в условиях Карагайского карьера

Учитывая рост мирового потребления газа, нельзя не обратить внимание на такой опыт, как пневматические испытания магистральных труб.

Инициирование разрушения, выполнение замеров сейсмического воздействия и воздействия ударной волны при проведении натуральных полигонных испытаний партий труб

Суть такой работы сводится к установлению возможных параметров разрушения газопроводов высокого давления. В трубу на полигоне нагнетается воздух под давлением, аналогичным газу. С внешней стороны трубы закладывается кумулятивный заряд и осуществляется его подрыв. Величина заряда устанавливается опытным путем при подрыве разной величины на обрезках труб. По разрушениям трубы устанавливается ее качество, а по сопутствующим измерениям сеймики и ударно-воздушной волны – возможные критические последствия. На рис. 11 и 12 представлены соответствующие фотоматериалы.

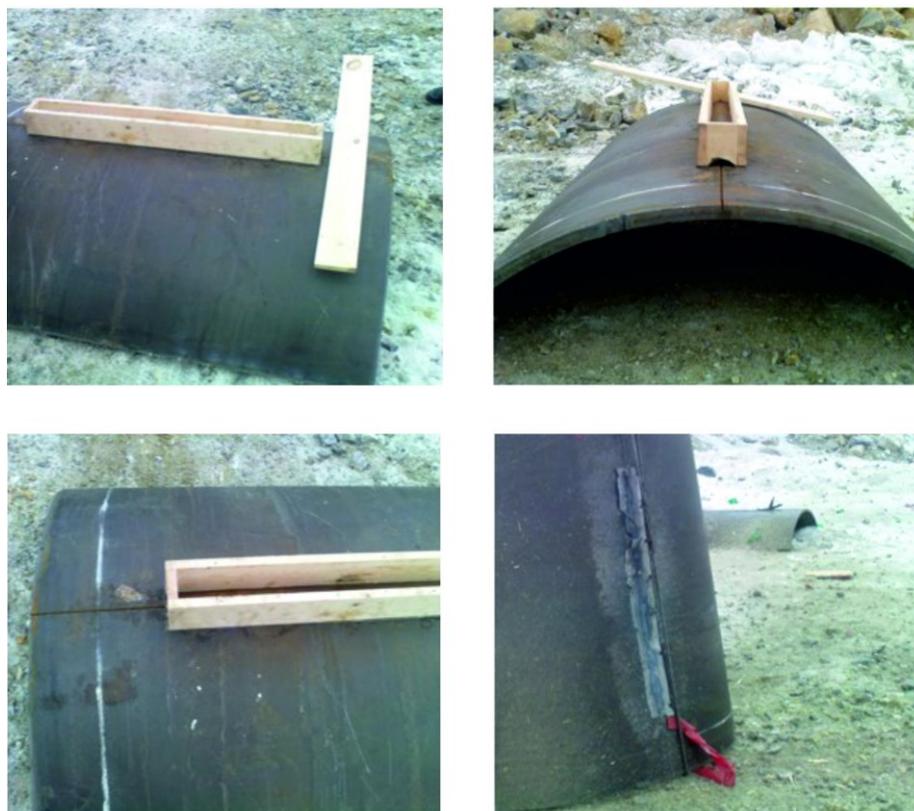


Рис. 11 – Конструкция для подбора величины заряда



Рис. 12 – Результат подрыва кумулятивного заряда на трубе под давлением

Выводы

Обеспечение дополнительной безопасности помимо требований [26 – 29] при проведении специальных взрывных работ, а также взрывных работ повышенной ответственности, таких как заоткоска или взрывание в стесненных условиях, является достаточно востребованным направлением в области взрывного разрушения.

Основными задачами минимизации воздействия взрывов на охраняемые объекты являются ударная воздушная волна, разлет осколков и сейсмический эффект. В каждом

конкретном случае эти воздействия зависят от многих факторов, связанных с условиями ведения взрывных работ, которыми являются свойства грунтов и взрывчатых веществ, параметры БВР, конструктивные особенности самих охраняемых объектов, а также уровень квалификации взрывников.

Опыт работы сотрудников лаборатории РГП ИГД УрО РАН на различных объектах позволил выделить два основных правила реализации технологических решений повышенной безопасности. Это строгое регламентирование взрывных работ и опытно-промышленные испытания решений существуют везде, где есть в этом необходимость. Указанный подход позволяет связать теоретическую и практическую составляющие научных исследований для обеспечения потребностей производства.

Литература

1. Друкованый М.Ф. Методы управления взрывом на карьерах / М.Ф. Друкованый. - М.: Недра, 1973. - 415 с.
2. Инновационная технология диагностики геодинамической активности геологической среды и оценки безопасности объектов недропользования / А.Д. Сашурин, А.Е. Балец, А.А. Панжин, С.В. Усанов // Горный журнал. - 2017. - № 12. - С. 16 - 20. - DOI: 10.17580/gzh.2017.12.03.
3. Panzhin A.A. Satellite geodesy-aided geodynamic monitoring in mineral mining in the Urals / A.A. Panzhin, N.A. Panzhina // Journal of Mining Science. - 2012. - Т. 48. - № 6. - С. 982 - 989.
4. Панжин А.А. Пространственно-временной геодинамический мониторинг на объектах недропользования / А.А. Панжин // Горный журнал. - 2012. - № 1. - С. 39 - 43.
5. Воздействие современных геодинамических движений на устойчивость бортов карьеров / А.Д. Сашурин, В.А. Бермухамбетов, А.А. Панжин, С.В. Усанов, В.Е. Боликов // Проблемы недропользования. - 2017. - № 3 (14). - С. 38 - 43. - DOI: 10.18454/2313-1586.2017.03.038.
6. Read J. Guidelines for open pit slope design. CRC Press / J. Read, P. Stacey. - Balkema. - 2009. - 509 p.
7. Зотеев В.Г. Оценка возможности использования «Руководства по проектированию бортов карьеров» при проектировании открытой разработки рудных месторождений в условиях современной России / В.Г. Зотеев [Электронный ресурс] - Режим доступа: //mining-media.ru/ru/article/ogr/ (дата обращения: 25.01.2018).
8. Берсенев Г.П. Взрывные работы в стесненных условиях / Г.П. Берсенев, Л.Н. Сенин, П.В. Меньшиков // Взрывное дело. - 2007. - № 97/54. - С. 56 - 66.
9. Меньшиков П.В. Воздействие ударной воздушной волны на здания и сооружения на земной поверхности / П.В. Меньшиков // Взрывное дело. - 2007. - № 97/54. - С. 77 - 82.
10. Богацкий В.Ф. Сейсмическая безопасность при взрывных работах / В.Ф. Богацкий, В.Х. Пергамент. - М.: Недра, 1978. - 128 с.
11. Богацкий В.Ф. Охрана инженерных сооружений и окружающей среды от вредного действия промышленных взрывов / В.Ф. Богацкий, А.Г. Фридман. - М.: Недра, 1982. - 162 с.
12. Фадеев А.Б. Дробящее и сейсмическое действие взрыва на карьерах / А.Б. Фадеев. - М.: Недра, 1972. - 435 с.
13. Методика обеспечения сейсмобезопасной технологии ведения взрывных работ. - Свердловск, ИГД МЧМ СССР, 1984. - 12 с.
14. Жариков С.Н. О влиянии взрывных работ на устойчивость бортов карьеров / С.Н. Жариков, В.Г. Шеменев // Известия вузов. Горный журнал. - 2013. - № 2. - С. 80 - 83.
15. Жариков С.Н. О влиянии взрывных работ на напряженное состояние горного массива и геодинамические явления / С.Н. Жариков, В.Г. Шеменев // Известия вузов.

Горный журнал. – 2013. – № 3. – С. 90 - 97.

16. Буровзрывные работы на кимберлитовых карьерах Якутии / И.Ф. Бондаренко, С.Н. Жариков, И.В. Зырянов, В.Г. Шеменев. - Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2017. – 172 с.

17. Шеменев В.Г. О состоянии научных исследований в области разрушения горных пород в Институте горного дела УрО РАН / В.Г. Шеменев, С.Н. Жариков // Проблемы недропользования. – 2016. – № 4 (11). – С. 30 - 40. – DOI: 10.18454/2313-1586.2016.04.030.

18. Жариков С.Н. Способы уточнения свойств горных пород при производстве буровзрывных работ / С.Н. Жариков, В.Г. Шеменев, В.А. Кутуев // Устойчивое развитие горных территорий. – 2017. – Т. 9. – № 1. – С. 74 – 80. - DOI: 10.21177/1998-4502-2017-9-1-74-80.

19. Жариков С.Н. Изучение сейсмического действия взрыва в карьере для внедрения специальной технологии заоткосных работ / С.Н. Жариков, В.А. Кутуев // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей: материалы всероссийской конференции с международным участием / Институт геофизики УРО РАН. – Екатеринбург, 2017. – С. 179 – 183.

20. Совершенствование буровзрывных работ на предельном контуре карьера / С.Н. Жариков, И.Н. Тимофеев, Э.В. Гуленков, В.К. Бушков // Известия вузов. Горный журнал. – 2018. – № 1. – С. 48 – 55. DOI: 10.21440/0536-1028-2018-1-48-55.

21. Kahrman A. Analysis of parameters of ground vibration produced from bench blasting at a limestone quarry / A. Kahrman// Soil Dynamics and Earthquake Engineering. – 2004. – V. 24. – № 11. – P. 887 – 892. doi.org/10.1016/j.soildyn.2004.06.018.

22. Ak H. The effect of discontinuity frequency on ground vibrations produced from bench blasting: a case study / H. Ak, A. Konuk// Soil Dynamics and Earthquake Engineering. – 2008. – V. 28. – № 9. – P. 686 – 694. doi.org/10.1016/j.soildyn.2007.11.006.

23. Ak H. Evaluation of ground vibration effect of blasting operations in a magnesite mine / H. Ak, M. Iphar, M. Yavuz, A. Konuk// Soil Dynamics and Earthquake Engineering. – 2009. – V. 29. – № 4. – P. 669 – 676. doi.org/10.1016/j.soildyn.2008.07.003.

24. Kumar R. Determination of blast-induced ground vibration equations for rocks using mechanical and geological properties / R. Kumar, D. Choudhury, K. Bhargava // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2016. – V. 8. – № 3 – P. 341–349. doi.org/10.1016/j.jrmge.2015.10.009.

25. Меньшиков П.В. Применение предохранительных укрытий из шин автосамосвалов при ведении взрывных работ на Карагайском карьере / П.В. Меньшиков, С.С. Таранжин, А.С. Флягин // Проблемы недропользования. – 2019. – № 2 (21). – С. 27 - 33. – DOI: 10.25635/2313-1586.2019.02.027.

26. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.97 г. № 116-ФЗ. Принят Государственной Думой 20 июня 1997 г. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/

27. СП 62.1333.02011. Газораспределительные системы. Дата введения 2013-01-01. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://dikipedia.ru/document/5343931>

28. Правила безопасности при взрывных работах: Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. - Серия 13; Вып. 14. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. – 332 с.

29. Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твёрдых полезных ископаемых: Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. - Серия 03; Вып. 78. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014.– 276 с.